

Tata cara perencanaan teknis bendung penahan sedimen

STANDAR

SNI 03-2851-1992

SK SNI-T-19-1991-03

TATA CARA PERENCANAAN TEKNIK BENDUNG PENAHAN SEDIMEN



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

BAB I

DESKRIPSI

1.1 Maksud dan Tujuan

1.1.1 Maksud

Tata cara perencanaan teknik ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan untuk membuat perencanaan teknik bendung penahan sedimen.

1.1.2 Tujuan

Tujuan tata cara perencanaan teknik ini adalah untuk mendapatkan perencanaan teknik bendung penahan sedimen yang baik dan berfungsi sebagaimana mestinya.

1.2 Ruang Lingkup

Tata cara ini membahas :

- 1) persyaratan, dan ketentuan-ketentuan;
- 2) cara pengerjaan perencanaan teknik bendung penahan sedimen tipe gravitas dengan peluap berbentuk trapesium;

1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan tata cara ini, meliputi :

- 1) bendung penahan sedimen, selanjutnya disebut bendung penahan ialah bangunan di sungai berbentuk bendung dengan kelengkapannya, yang berfungsi untuk mengendalikan kecepatan, debit dan arah aliran sedimen di palung sungai;
- 2) desain ialah perencanaan teknik;
- 3) desain hidraulik ialah tahapan kegiatan desain berupa tinjauan hidraulik terhadap rencana letak, bentuk, dan dimensi bendung penahan beserta kelengkapannya serta lapisan tanah fondasi untuk mendapatkan bendung penahan beserta kelengkapannya yang stabil;
- 4) desain struktur ialah tahapan kegiatan desain berupa tinjauan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan dan tanah fondasi, untuk mendapatkan letak, bentuk, dan dimensi bangunan beserta kelengkapannya sehingga aman dan stabil.

BAB II

PERSYARATAN

2.1 Data dan Informasi

Untuk membuat perencanaan teknik bendung penahan, diperlukan :

- 1) parameter desain meliputi parameter desain topografi, hidrologi, dan geoteknik yang merupakan hasil analisis data;
- 2) data lain yang diperlukan seperti bahan bangunan tersedia, sarana dan prasarana, serta tenaga kerja tersedia;

2.2 Fungsi

Bendung penahan sedimen yang direncanakan harus berfungsi:

- 1) dapat memperkecil kemiringan dasar sungai di hulu;
- 2) dapat mengarahkan aliran di hilir;
- 3) dapat menampung sedimen secara tetap dan sementara;
- 4) bila dimanfaatkan untuk kepentingan lain, tidak akan mengubah dan mengganggu fungsi utamanya;

2.3 Keamanan Dan Stabilitas

Hasil Desain bendung penahan harus menghasilkan bangunan yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 1) bendung penahan dan kelengkapannya harus mampu menahan gaya-gaya yang bekerja :
 - (1) bangunan tidak boleh mengguling;
 - (2) bangunan tidak boleh menggeser;
 - (3) tekanan pada tanah fondasi akibat bangunan tidak boleh lebih besar dari pada daya dukung tanah hasil penyelidikan laboratorium;
 - (4) tidak boleh terjadi tegangan tarik pada tanah dan pada tubuh bangunan;
- 2) peluap bendung penahan harus mampu melewati debit desain;
- 3) mercu dan tubuh bendung penahan harus aman terhadap abrasi dan benturan;
- 4) sayap bendung penahan harus aman terhadap benturan dan gerusan;

- 5) lantai kolam olak harus aman terhadap terjunan dan benturan;
- 6) bendung penahan harus aman terhadap gerusan lokal, rembesan, dan erosi buluh;
- 7) tembok tepi harus terhindar dari terjunan;

2.4 Tanggung Jawab

Ikhwal yang perlu diperhatikan adalah :

- 1) seluruh pekerjaan perencanaan teknis bendung penahan harus dilaksanakan dibawah koordinasi dan tanggung jawab seorang ahli pengendalian erosi dan sedimen bidang teknik sipil, dibantu oleh tim ahli terpadu yang karena pendidikan, latihan dan pengalamannya cukup ahli untuk melaksanakan pekerjaan perencanaan teknik bendung penahan;
- 2) petugas, petugas pengawas, dan penanggung jawab pekerjaan harus jelas dan disertai tandatangannya.

BAB III

KETENTUAN-KETENTUAN

3.1 Tata Letak

Tata letak bendung penahan harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- 1) lokasi ditetapkan agar dapat menghasilkan bangunan yang paling ekonomis sehingga biaya pembuatan per daya tampungnya menghasilkan nilai yang paling kecil;
- 2) sumbu bendung penahan harus tegak lurus arah aliran di bagian hilirnya;
- 3) apabila lokasi bendung penahan pada tikungan sungai, harus dilakukan tinjauan hidraulik terhadap kemungkinan limpasan dan gerusan pada tebing luar tikungan baik di hulu maupun di hilir bangunan;

3.2 Bentuk Dan Dimensi

Bentuk dan dimensi bendung utama beserta kelengkapannya harus memenuhi ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

1) panjang bendung penahan seluruhnya :

- (1) bentuk bendung penahan ke arah lebar sungai disesuaikan dengan bentuk penampang melintang sungai dan sifat tanah dasarnya;
- (2) panjang bendung penahan harus dapat menutup seluruh lebar sungai dengan baik;
- (3) bagian pangkal bendung penahan harus didesain agar bangunan aman terhadap bahaya gerusan dan erosi buluh;

2) bendung utama;

(1) peluap :

- a) peluap harus dibuat berbentuk trapesium tunggal;
- b) lebar peluap harus lebih kecil dari pada lebar sungai;
- c) tinggi peluap ditentukan berdasarkan debit desain dan tinggi jagaan;
- d) tinggi jagaan harus diambil sesuai dengan Tabel 1;

- e) perbandingan antara lebar dan tinggi peluap ditentukan agar dapat terbentuk alur aliran yang stabil dan terkendali, dan harus dipertimbangkan pula gerusan lokal pada waktu debit desain;

(2) mercu :

- a) mercu harus berbentuk ambang lebar, dan sudutnya tidak dibulatkan;
- b) lebar mercu ditentukan berdasarkan Tabel 2;

(3) sayap :

- a) kemiringan sayap ke arah tebing minimum sama dengan kemiringan dasar sungai di hulu bendung penahan, dan maksimum 10 %;
- b) panjang sayap sebelah kiri dan kanan boleh tidak sama, dan ditentukan berdasarkan letak sumbu aliran;
- c) lebar sayap harus sama mulai dari pangkal sampai ujungnya;
- d) sisi hulu sayap harus dibuat tegak;
- e) sisi hilir sayap boleh tegak atau miring, dan dibuat sama dengan kemiringan sisi hilir main dam;
- f) lebar sayap bagian atas maksimum sama dengan lebar mercu, minimum ditentukan berdasarkan gaya-gaya akibat benturan;

(4) tubuh :

- a) kemiringan bagian hilir ditentukan agar aliran tidak menyusur permukaan bagian hilirnya, perbandingan tegak dan datar 1 : 0,2, maksimum 1 : 0 (tegak);
- b) kemiringan bagian hulu dari bendung utama dam harus ditentukan berdasar syarat stabilitas bangunan, dan untuk itu dapat digunakan rumus (3) dan (4);
- c) tinggi bendung penahan :
 - (a) tinggi efektif bendung penahan ditentukan agar pengendapan di bagian hulu tidak mengganggu bangunan lain di sungai;
 - (b) tinggi efektif itu ditentukan juga berdasar pada kapasitas tampung rencana;

- (c) tinggi total bendung penahan ditentukan dengan memperhatikan penentuan lokasi bendung penahan;
- (d) dengan memperhitungkan tinggi sayap pada tebing sungai, tinggi bendung penahan harus dibuat agar bagian atas sayap lebih rendah dari pada tebing sungai;
- d) lebar dasar bendung utama harus ditentukan berdasarkan pada analisa dan perhitungan stabilitas, serta daya dukung tanah dasar;

3) bendung pembantu :

- (1) bentuk mercu dan kemiringan hilir bendung pembantu sama dengan dengan bentuk bendung utama;
- (2) dimensi bendung pembantu disesuaikan dengan gaya-gaya yang bekerja;
- (3) tinggi bendung pembantu ditentukan berdasarkan persamaan empiris :

$$H_2 = (1/3 \text{ s/d } 1/4) \times H \quad \dots\dots\dots (1)$$

keterangan :

H_2 = tinggi bendung pembantu;
 H = tinggi total bendung utama;

(lihat contoh Gambar 7 Lampiran B)

4) kolam olak :

- (1) bentuk kolam olak harus dibuat berdasarkan gaya-gaya yang diakibatkan oleh terjunan (lihat contoh Gambar 3 dan 4 pada Lampiran B);
- (2) lebar kolam olak ditentukan sesuai dengan lebar, tinggi, dan kemiringan dinding peluap (lihat contoh Gambar 9 pada Lampiran B).
- (3) panjang kolam olak ditentukan menurut rumus (15), (16), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23), dan (24).
- (4) tebal lantai kolam olak ditentukan sesuai dengan rumus (25) dan (26);

5) bangunan pelengkap :

- (1) tembok tepi harus didesain :
 - a) berdasarkan gaya-gaya yang bekerja;

- b) cukup kuat terhadap gaya-gaya akibat aliran air dan sedimen;

(2) lubang drainasi :

- a) bentuk dan penampang lintang lubang drainasi dapat dibuat lingkaran atau segi empat;
- b) jumlah dan ukuran lubang drainasi ditentukan berdasar pada debit dominan.

3.3 Gaya-gaya yang bekerja

Gaya-gaya yang bekerja pada bendung penahan ditentukan sebagai berikut :

- 1) berupa tekanan air dan sedimen, berat sendiri bendung penahan, serta tekanan tanah;
- 2) harus sesuai dengan Tabel 3.

3.4 Rumus yang digunakan.

Rumus yang digunakan untuk perencanaan teknik bendung penahan sebagai berikut :

- 1) persamaan untuk menetapkan dimensi peluap adalah :

$$Q = 2/15.C. \sqrt{2.g} . [3.B_1 + 2.B_2] . h_3^{3/2} \dots\dots\dots (2)$$

keterangan :

- Q = debit desain (m³/detik);
- C = koefisien peluapan (0,60 - 0,66);
- g = percepatan gravitasi (m/det² ~ 9,8);
- B₁ = lebar peluap pada mercu bendung penahan;
- B₂ = lebar muka air tertinggi (m);
- h₃ = tinggi air peluapan (m);

(lihat contoh Gambar 8 pada lampiran B)

- 2) persamaan untuk menentukan kemiringan tubuh bendung utama :

- a) kemiringan bagian hulu (untuk tinggi bendung penahan < 15 meter) :

$$(1 + \alpha) m^2 + [2(n + \beta) + n(4 \alpha +) + 2.\alpha .\beta] m -$$

$$(1 + 3.\alpha) + \alpha . \beta (4n + \beta) + .(3n.\beta + \beta^2 + n^2) = 0.$$

..... (3)

keterangan :

m = kemiringan tubuh bendung utama bagian hulu;
 n = kemiringan tubuh bendung utama bagian hilir;
 α = rasio tinggi peluapan dan tinggi bendung penahan;
 β = rasio panjang dasar peluap dan tinggi bendung penahan;
 μ = rasio C_s dan C_o ;
 C_o = berat volume bendung penahan;
 C_s = berat volume aliran (besarnya kira-kira 1,0 - 1,2 ton/m³);

(lihat contoh Gambar No.6 pada Lampiran B)

b) kemiringan bagian hulu (untuk tinggi bendung penahan > 15 meter) :

$$\begin{aligned}
 & \{ (1 + \alpha - \mu) (1 - \mu) + \delta \cdot (2 \cdot \epsilon^2 - \epsilon^3) \} m^2 + \left[2(n + \beta) (1 + \delta \cdot \epsilon^2 - \mu (1 + \alpha - \mu) - \mu) + n (4 \cdot \alpha + \mu) + 2 \cdot \alpha \cdot \beta \right] m \\
 & - (1 + 3 \cdot \alpha) - \mu (1 + \alpha - \mu) (n + \beta)^2 - \delta \cdot C_s \cdot \epsilon^2 + \alpha \cdot \beta \\
 & (4n + \beta) + (3n \cdot \beta + \beta^2 + n^2) - (\beta + n)^2 = 0. \dots\dots (4)
 \end{aligned}$$

keterangan :

δ = rasio dari C_s dan C_w ;
 C_s = berat volume sedimen dalam air;
 C_w = berat volume air (1,0 ton/m³);
 μ = koefisien uplift;
 ϵ = rasio dari h_s dan H ;
 ϵ = rasio dari h_2 dan H ;
 C_s = koefisien tanah endapan, besarnya antara 0,3 - 0,6 sesuai dengan sudut geser dalam;

(lihat contoh Gambar No.6 pada Lampiran B)

3) rumus dan persamaan untuk menghitung stabilitas :

(1) rumus penggulingan :

$$Sf \text{ guling} = \frac{\epsilon M_{VA}}{\epsilon M_{HA}} \dots\dots\dots (5)$$

keterangan :

A = titik penggulingan depan;
 ϵM_{VA} = jumlah momen penahanan;
 ϵM_{HA} = jumlah momen penggulingan;
 $Sf \text{ guling}$ = angka keamanan terhadap guling (2 s/d 3);

- (2) rumus untuk menentukan tekanan dinamik air pada saat gempa (rumus Zanglar) :

$$P_x = C_d \cdot w \cdot K \cdot h_o \cdot \dots\dots\dots (6)$$

$$C_d = \frac{C_m}{2} \left[\frac{h_x}{h_o} \left(2 - \frac{h_x}{h_o} \right) + \sqrt{\frac{h_x}{h_o} \left(2 - \frac{h_x}{h_o} \right)} \right] \dots\dots (7)$$

$$P_d = \frac{C_m}{2} \cdot w \cdot K \cdot h_o^2 \cdot \sec \theta \dots\dots\dots (8)$$

$$h_d = \dots \cdot h_x \dots\dots\dots (9)$$

keterangan :

- X = titik tempat permukaan sedimentasi;
- P_x = tekanan air dinamik pada titik X;
- P_d = tekanan air dinamik seluruhnya dari muka air sampai kedalaman titik X;
- w = berat volume air;
- K = koefisien seismic;
- h_o = kedalaman air dari permukaan sampai fondasi;
- h_x = kedalaman air dari permukaan sampai titik X;
- C_m = koefisien yang dicari dari grafik pada Gambar No.11b Lampiran B;
- h_d = jarak titik tangkap P_d ke titik X;
- \dots = koefisien yang dicari dari grafik pada Gambar No.11c Lampiran B;
- C_d = koefisien tekanan air dinamik;

(lihat contoh Gambar No.11 pada Lampiran B)

- (3) tekanan pada tanah fondasi :

$$\sigma_{12} = \frac{\epsilon \cdot V}{b_2} \left[1 + \frac{6 \cdot e}{b_2} \right] \dots\dots\dots (10)$$

keterangan :

- σ_1 = tekanan tanah normal maksimum (ton/m^2);
- σ_2 = tekanan tanah normal minimum (ton/m^2);
- $\epsilon \cdot V$ = jumlah gaya vertikal yang bekerja (ton);
- b_2 = lebar dasar fondasi bendung utama (meter);
- e = eksentrisitas resultan gaya yang bekerja (meter);

(lihat contoh Gambar No.10 pada Lampiran B);

- (4) keamanan terhadap geser :

$$Sf_{\text{geser}} = \frac{f \cdot \epsilon V + \tau_o \cdot b_2}{\epsilon H} \dots\dots\dots (11)$$

keterangan :

Sf geser = angka keamanan terhadap geser yang disesuaikan dengan Tabel 4;
 ϵV = jumlah gaya vertikal seluruhnya (ton);
 ϵH = jumlah gaya horisontal seluruhnya (ton);
 f = koefisien geser antara fondasi dengan tanah dasar, yang disesuaikan dengan Tabel 5;
 τ_o = tegangan geser bendung utama pada tanah dasar (ton / m² / meter);
 b_2 = lebar dasar fondasi bendung utama (meter);

(5) masalah rembesan dan erosi buluh;

a) rumus Darcy :

$$Q = k.A.i. \quad \dots\dots\dots (12)$$

keterangan :

Q = debit rembesan (cm³/detik);
 k = koefisien permeabilitas tanah (cm/detik);
 A = luas penampang tanah (cm²);
 i = kemiringan hidraulik (H/L);
 H = selisih ketinggian muka air (meter);
 L = panjang lintasan aliran air tanah (meter);

b) rumus untuk menentukan panjang lintasan kritis :

(a) persamaan Bligh :

$$C_c = \frac{+ 2 d}{H} \quad \dots\dots\dots (13)$$

keterangan :

L = panjang lintasan arah horisontal (m);
 d = panjang lintasan arah vertikal (m);
 H = selisih ketinggian muka air (m);

C_c = koefisien rembesan yang disesuaikan dengan Tabel 6;

(b) persamaan Lane :

$$C_w = \frac{/3 + 2 d}{H} \quad \dots\dots\dots (14)$$

C_w = koefisien rembesan disesuaikan dengan Tabel 6;

4) persamaan untuk menentukan lebar kolam olak :

(1) persamaan hidraulik :

$$L = l_w + x + b_2 \dots\dots\dots (15)$$

$$l_w = V_o \left[\frac{2 (H_1 + 1/2 h_3)}{g} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (16)$$

$$V_o = \frac{q_o}{h_3} \dots\dots\dots (17)$$

$$x = \beta \cdot h_j \dots\dots\dots (18)$$

$$h_j = \frac{h_1}{2} \left[\sqrt{1 + 8.F_1^2} - 1 \right] \dots\dots\dots (19)$$

$$h_1 = \frac{q_1}{V_1} \dots\dots\dots (20)$$

$$V_1 = \sqrt{2.g (H_1 + h_3)} \dots\dots\dots (21)$$

$$F_1 = V_1 \sqrt{g.h_1} \dots\dots\dots (22)$$

$$H_2 = h_j - h_2 \dots\dots\dots (23)$$

keterangan :

- l_w = jarak terjunan (dalam meter);
- x = panjang olakan (meter);
- b_2 = lebar mercu bendung utama;
- q_o = debit permeter pada peluap ($m^3/det/meter$);
- h_3 = tinggi air di atas mercu bendung utama (meter);
- H_1 = tinggi bendung utama dari lantai kolam olak (meter);
- β = koefisien besarnya antara 4,5 - 5,0;
- h_j = tinggi muka air dari lantai kolam olak pada bendung pembantu (meter);
- h_1 = tinggi air pada titik jatuh terjunan (meter);
- q_1 = debit aliran tiap meter lebar pada titik jatuh terjunan ($m^3/detik/meter$);
- V_1 = kecepatan jatuh pada terjunan (m/detik);
- F_1 = angka Froude aliran pada titik terjunan;

(lihat contoh Gambar No.7 pada Lampiran B);

(2) persamaan empiris :

$$L = (1,5 \text{ s/d } 2,0) \times (H_1 + h_3) \dots\dots\dots (24)$$

keterangan :

L = jarak bendung utama dan bendung pembantu;
H₁ = tinggi bendung utama dari lantai kolam olak;

(lihat contoh gambar No....pada Lampiran)

4) persamaan untuk menentukan tebal lantai kolam olak :

(1) untuk kolam olak tanpa ambang :

$$t = 0,2 (0,6 H_1 + 3.h_3 - 1,0) \dots\dots\dots (25)$$

(2) untuk mercu bendung utama yang membentuk kolam olak :

$$t = 0,1 (0,6 H_1 + 3.h_3 - 1,0) \dots\dots\dots (26)$$

keterangan :

t = tebal lantai kolam olak (meter);
H₁ = tinggi bendung penahan dari permukaan lantai
kolam olak (meter);
h₃ = tinggi muka air di atas mercu (meter).

3.5 Uji Model Hidraulik

Untuk lebih meningkatkan keamanan, efektivitas, efisiensi dan keberhasilan tujuan pembuatan bangunan, maka bila perlu dilaksanakan uji model hidraulik.

BAB IV
CARA Pengerjaan

4.1 Desain Hidraulik

Untuk desain hidraulik ini, kerjakan kegiatan dengan urutan sebagai berikut :

- 1) rencanakan lokasi bendung penahan sesuai dengan ketentuan 3.1 1) dan 3.1 3);
- 2) rencanakan sumbu bendung penahan sesuai dengan ketentuan 3.1 2) dan 3.1 3);
- 3) tentukan debit desain sesuai dengan SK-SNI No. M - 18 - 1989 tentang Metode Perhitungan Debit Banjir;
- 4) rencanakan panjang bendung penahan sesuai dengan ketentuan 3.2 1);
- 5) rencanakan bentuk dan dimensi bendung utama meliputi :
 - (1) peluap sesuai dengan ketentuan 3.2 2) (1) dan rumus (2);
 - (2) mercu sesuai dengan ketentuan 3.2 2) (2);
 - (3) sayap sesuai dengan ketentuan 3.2 2) (3);
 - (4) tubuh sesuai dengan ketentuan 3.2 2) (4);
- 6) rencanakan bendung pembantu sesuai dengan ketentuan 3.2 3);
- 7) rencanakan kolam olak sesuai dengan ketentuan 3.2 4);
- 8) rencanakan tinggi bendung penahan sesuai dengan ketentuan 3.2 2) (4);
- 9) selidiki masalah rembesan dan erosi buluh sesuai dengan rumus (12), (13), dan (14);
- 10) rencanakan bangunan pelengkapya sesuai dengan ketentuan 3.2 5).

4.2 Desain Struktur

Untuk desain struktur bendung penahan, kerjakan kegiatan dengan urutan sebagai berikut :

- 1) rencanakan bentuk dan dimensi bendung penahan sesuai dengan ketentuan 3.2 1), 3.2 2) (3) dan 3.2 2) (4);
- 2) tentukan gaya-gaya yang bekerja sesuai dengan Tabel 3;

- 3) selidiki stabilitas bendung penahan sesuai dengan persyaratan 2.3 1), rumus (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), dan Tabel 2 s/d 9;
- 4) selidiki bagian tembok tepinya berdasarkan gaya-gaya yang bekerja baik berupa tekanan tanah aktif maupun gaya lainnya.

LAMPIRAN A
DAFTAR ISTILAH

agradasi	: aggradation
ambang	: sill
bendung penahan sedimen	: check dam
bendung utama	: main dam
bendung pembantu	: sub dam
debit desain	: design discharge
degradasi	: degradation
lantai kolam olak	: apron
lubang drainasi	: drip hole
gerusan lokal	: local scouring
jagaan	: freeboard
kala ulang	: return period
pelimpasan	: over topping
peluap / pelimpah	: spillway, overflow
pemantauan	: monitoring
pemeliharaan	: maintenance
penggerusan tebing	: bank caving, undermined
peredam enersi (ruang olakan)	: energy dissipator, stilling basin
sayap bendung penahan	: wing
tata letak	: lay out
tekanan air ke atas	: uplift pressure
tekanan statik	: static pressure
tekanan dinamik	: dinamic pressure
uji model hidraulik	: hydraulics model test

LAMPIRAN B
LAIN - LAIN

I. TABEL - TABEL

Tabel 1 : Tinggi Jagaan Pada Peluap.

Debit desain (m ³ /detik)	50	50-100	100-200	200-500	500-2000
Tinggi jagaan (meter)	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5

Tabel 2 : Penentuan Lebar Mercu.

lebar mercu : b	1,5 - 2 meter	3 - 4 meter
sedimen	pasir dan kerikil atau kerikil dan batu-batu kecil	batu-batu besar
sifat hidraulik aliran	gerakan mandiri (lepas)	gerakan massa (debris flow)

Tabel 3 : Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Bendung Penahan.

tinggi bendung	pada debit normal	pada debit banjir
< 15 meter	-	1 berat sendiri; 2 tekanan air statik;
≥ 15 meter	1 berat sendiri; 2 tekanan air sta- tik; 3 tekanan tanah / sedimen; 4 tekanan air ke atas 5 tekanan air dinamik; 6 gaya inersia	1 berat sendiri; 2 tekanan air statik; 3 tekanan tanah / sedimen; 4 tekanan air ke atas

Tabel 4 : Angka Keamanan Terhadap Geser Yang Disarankan ;

jenis tanah dasar	angka keamanan Sf	tinggi bendung
batuan cukup kompak	4	-
pondasi apung	1,2	< 15 m
pondasi apung	1,5	> 15 m

Tabel 5 : Beberapa Harga Koefisien Geser Tanah Dasar ;

jenis tanah dasar (fondasi)		koefisien geser f
batuan (base rock)	keras dengan sedikit retakan	0,7
	keras dengan banyak retakan	0,7
	lunak atau "mudstone"	0,7
lapisan kerikil (gravel layer)	padat dan kompak	0,6
	kurang padat / tidak kompak	0,6
lapisan berpasir (sandy layer)	padat dan kompak	0,6
	kurang padat / kompak	0,5
lapisan lempung (clayey layer)	sangat keras	0,5
	keras	0,45

Tabel 6 : Nilai C_c dan C_w Untuk Menentukan Panjang Lintasan Kritis;

material tanah dasar	C_c	C_w
lumpur atau pasir sangat halus	18	8,5
pasir halus	15	7,0
pasir	-	6,0
pasir kasar	12	5,0
kerikil halus	-	4,0
kerikil	-	3,5
campuran pasir dan kerikil	9,0	-
kerikil kasar tercampur kerakal	4 - 6	3,0
kerakal dan batu-batu besar	-	2,5

Tabel 7 : Contoh Gaya - Gaya Yang Bekerja Pada Bendung Penahan, Tinggi < 15 meter (Keadaan Biasa dan Banjir)

beban	notasi	gaya	V	H	lengan	momen
berat sendiri	W					
	W1	$1/2 \cdot c \cdot m \cdot H^2$	+		$2/3 \cdot m \cdot H$	+
	W2	$c \cdot b1 \cdot H$	+		$mH + 1/2 b1$	+
	W3	$1/2 \cdot c \cdot n \cdot H^2$	+		$mH + b1 + 1/3 nH$	+
tekanan air statik	P					
	Pv1	$1/2 \cdot w \cdot m \cdot H^2$	+		$1/3 \cdot m \cdot H$	+
	Pv2	$w \cdot m \cdot h3 \cdot H$	+		$1/2 \cdot m \cdot H$	+
	Pv3	$w \cdot b1 \cdot h3$	+		$mH + 1/2 \cdot b1$	+
	Ph1	$1/2 \cdot w \cdot H^2$		+	$1/3 \cdot H$	+
	Ph2	$w \cdot h3 \cdot H$		+	$1/2 \cdot H$	+

keterangan :

c = berat volume tubuh bendung penahan;
m = kemiringan bagian hulu bendung utama;
H = tinggi bendung utama;

b₁ = lebar mercu bendung utama;
n = kemiringan bagian hilir bendung utama;
w = berat volume air;
b₂ = lebar dasar bendung utama;
h₃ = tinggi muka air di atas mercu;

Catatan : lengan momen diperhitungkan terhadap titik penggulingan depan (titik A pada Gambar No. 6, 7 dan 10 Lampiran B).

Tabel 8 : Contoh Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Bendung Penahan, Tinggi ≥ 15 meter (Keadaan Biasa)

beban	notasi	gaya	V	H	lengan	momen
berat sendiri	W					
	W1	$1/2. c.m.H^2$	+		$2/3.m.H$	+
	W2	$c.b1.H.$	+		$mH + 1/2b1$	+
	W3	$1/2. c.n.H^2$	+		$mH + b1 + 1/3 nH$	+
tekanan air statik	P				-	
	Pv	$1/2. w.m.H^2$	+		$1/3.m.H$	+
	Ph	$1/2. w.H^2$		+	$1/3.H$	+
tekanan tanah / sedimen	Ps					
	Psv	$1/2. s.m.hs^2$	+		$1/3.m.hs$	+
	Psh	$1/2 .Cs. s.hs$		+	$1/3.hs$	+
gaya ke atas	U					
	U1	$1/2. w. .b2. (H - h2)$	-		$1/3.b2$	-
	U2	$w.b2.h2$	-		$1/2.b2$	-
gaya inersia karena gempa	I					
	I1	$1/2.K. c.m.H^2$		+	$1/3.H$	+
	I2	$K. c.b2.H.$		+	$1/2.H$	+
	I3	$1/2,K. c.n.H^2$		+	$1/3.H$	+
tekanan air dinamik	Pd					
	Pdv	$1/2. .Cm.K. w.m.H^2$	+		$.m.H$	+
	Pdh	$1/2. Cm.K. w.H^2$		+	$.H$	+

keterangan :

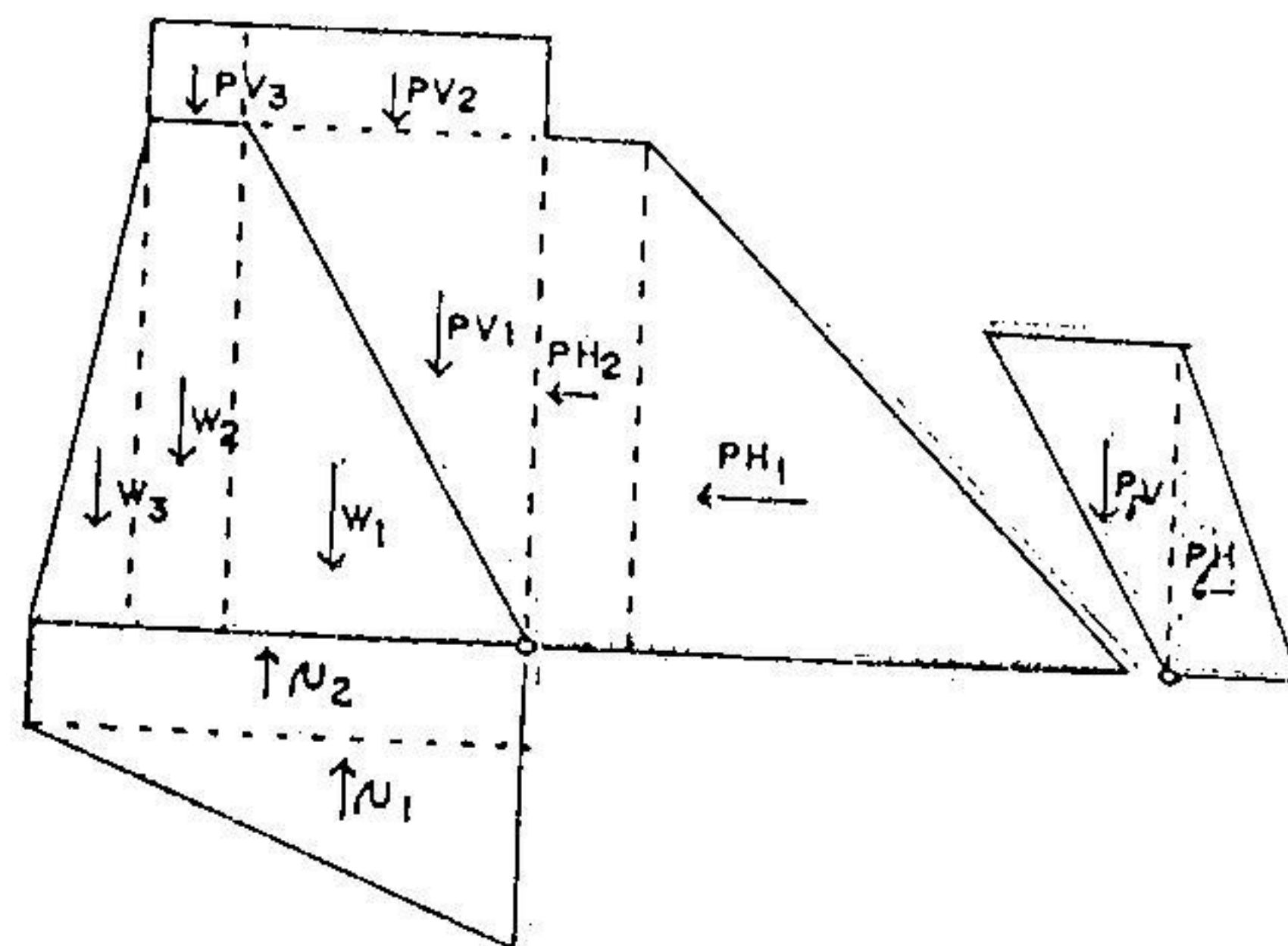
- c = berat volume bendung penahan;
- m = kemiringan bagian hulu bendung utama (main dam);
- H = tinggi total bendung utama;
- b₁ = lebar mercu bendung utama;
- n = kemiringan bagian hilir bendung utama;
- w = berat volume air;
- b₂ = lebar dasar bendung utama;
- h₃ = tinggi muka air di atas mercu;
- s = berat volume sedimen;
- Cs = koefisien tanah endapan, besarnya antara 0,3 - 0,6 sesuai dengan sudut geser dalam;
- K = koefisien seismik, besarnya seperti berikut :

	daerah gempa	bukan gempa
daerah batuan biasa	0,12	0,10
daerah retakan daerah kurang padat	0,15	0,12

- μ = koefisien tekanan air ke atas besarnya 0,3 - 1,0
(dalam praktek diambil 0,33);
- C_m = koefisien tekanan air dinamik pada saat gempa bumi,
besarnya ditentukan dengan grafik pada Gambar
No.11a dan 11b Lampiran B.

Tabel 9 : Contoh Gaya - Gaya Yang Bekerja Pada Bendung Penahan, Tinggi ≥ 15 Meter (Keadaan Banjir)

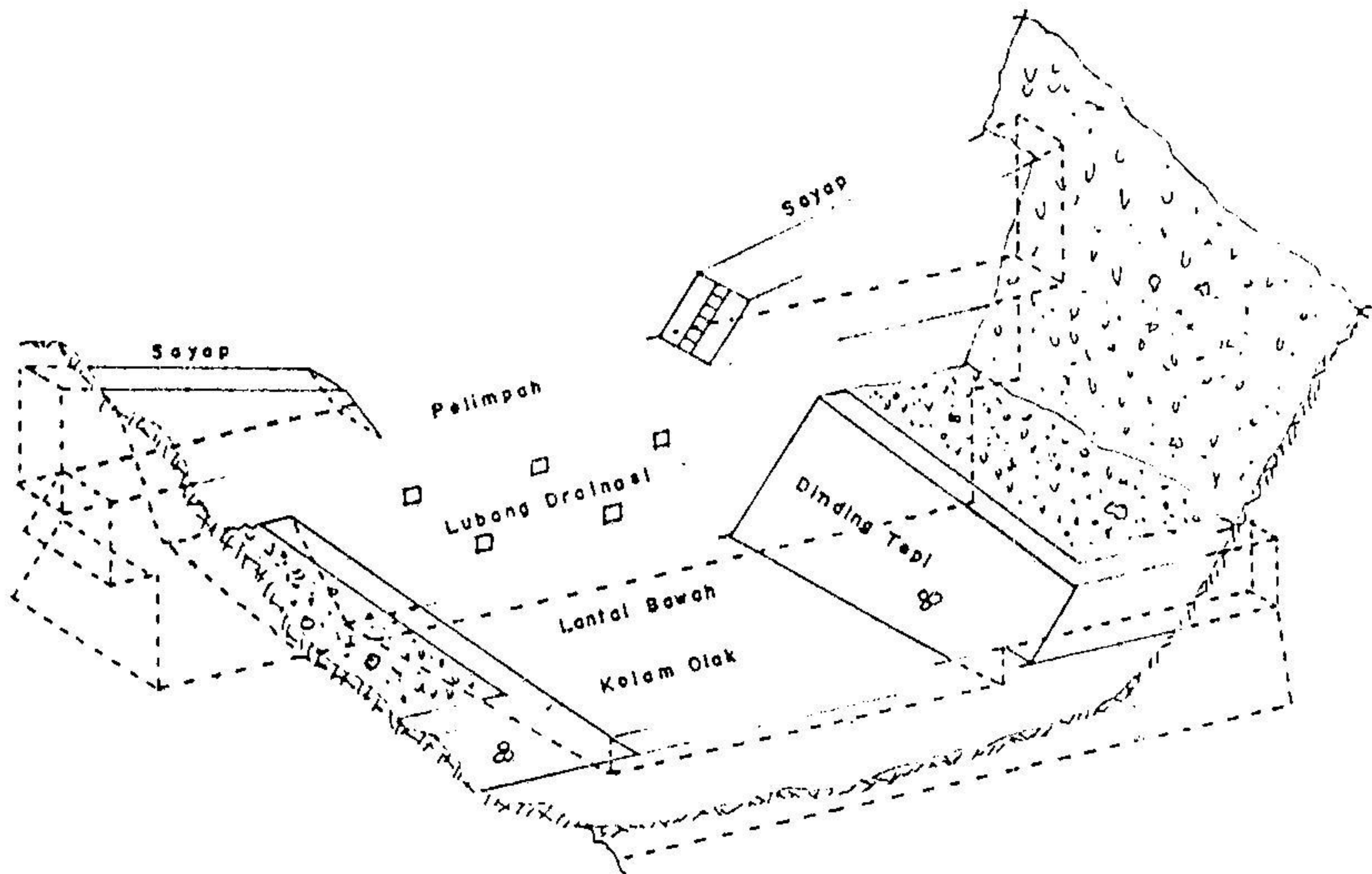
beban	notasi	gaya	V	H	lengan	momen
berat sendiri	W					
	W1	$1/2. c.m.H^2$	+		$2/3.m.H$	+
	W2	$c.b1.H.$	+		$mH + 1/2b1$	+
	W3	$1/2. c.n.H^2$	+		$mH + b1 + 1/3 nH$	+
tekanan air statik	P					
	Pv1	$1/2. w.m.H^2$	+		$1/3.m.H$	+
	Pv2	$w.m.h3.H$	+		$1/2.m.H$	+
	Pv3	$w.b1.h3$	+		$mH+1/2.b1$	+
	Ph1	$1/2. w.H^2$		+	$1/3.H$	+
	Ph2	$w.h3.H.$		+	$1/2.H$	+
tekanan tanah / sedimen	Ps					
	Psv	$1/2. s.m.hs^2$	+		$1/3.m.hs$	+
	Psh	$1/2. Cs. s.hs^2$		+	$1/3.hs$	+
gaya ke atas	U					
	U1	$1/2. w. .b2. (H+h3-h2)$	-		$1/3.b2$	-
	U2	$w.b2.h2$	-		$1/2.b2$	-



GAMBAR. 2
GAYA - GAYA YANG BEKERJA
PADA BENDUNG

II. GAMBAR - GAMBAR

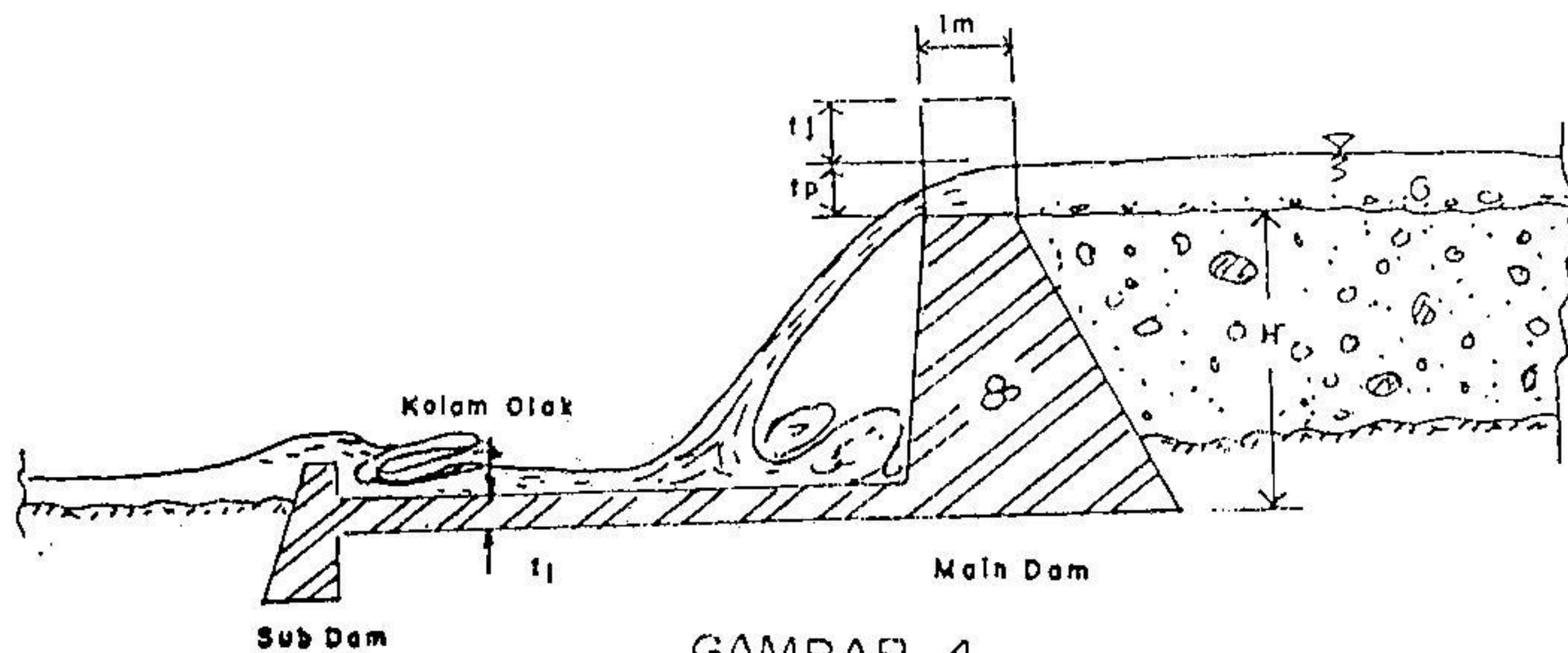
1. Contoh gambar stereometrik dan istilah-istilah pada bendung penahan.



GAMBAR. 3
GAMBAR STEREO METRIK DAN ISTILAH-ISTILAH PADA BENDUNG
PENAHAN

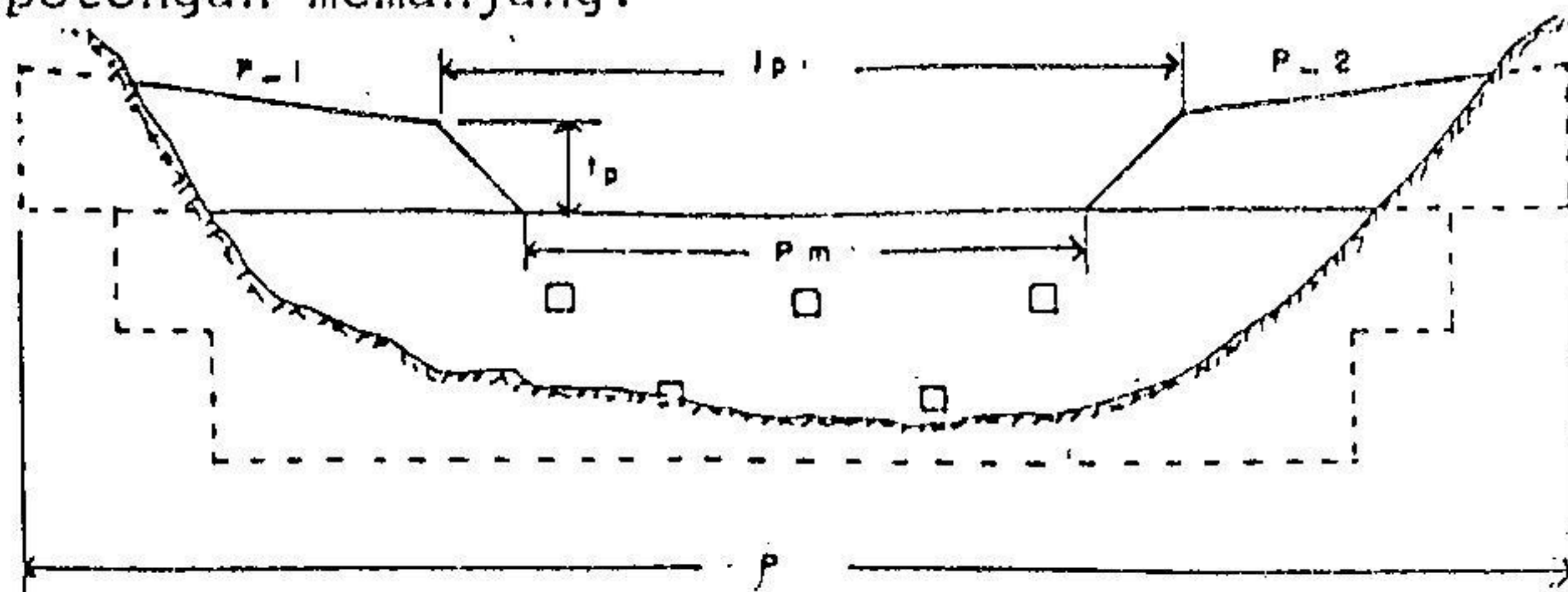
2. Potongan melintang bendung penahan.

l_m : lebar mercu;
 t_j : tinggi jagaan;
 t_p : tinggi peluapan rencana;
 t_l : tebal lantai kolam olak;



GAMBAR. 4
POTONGAN MELINTANG BENDUNG PENAHAN

3. Contoh potongan memanjang.

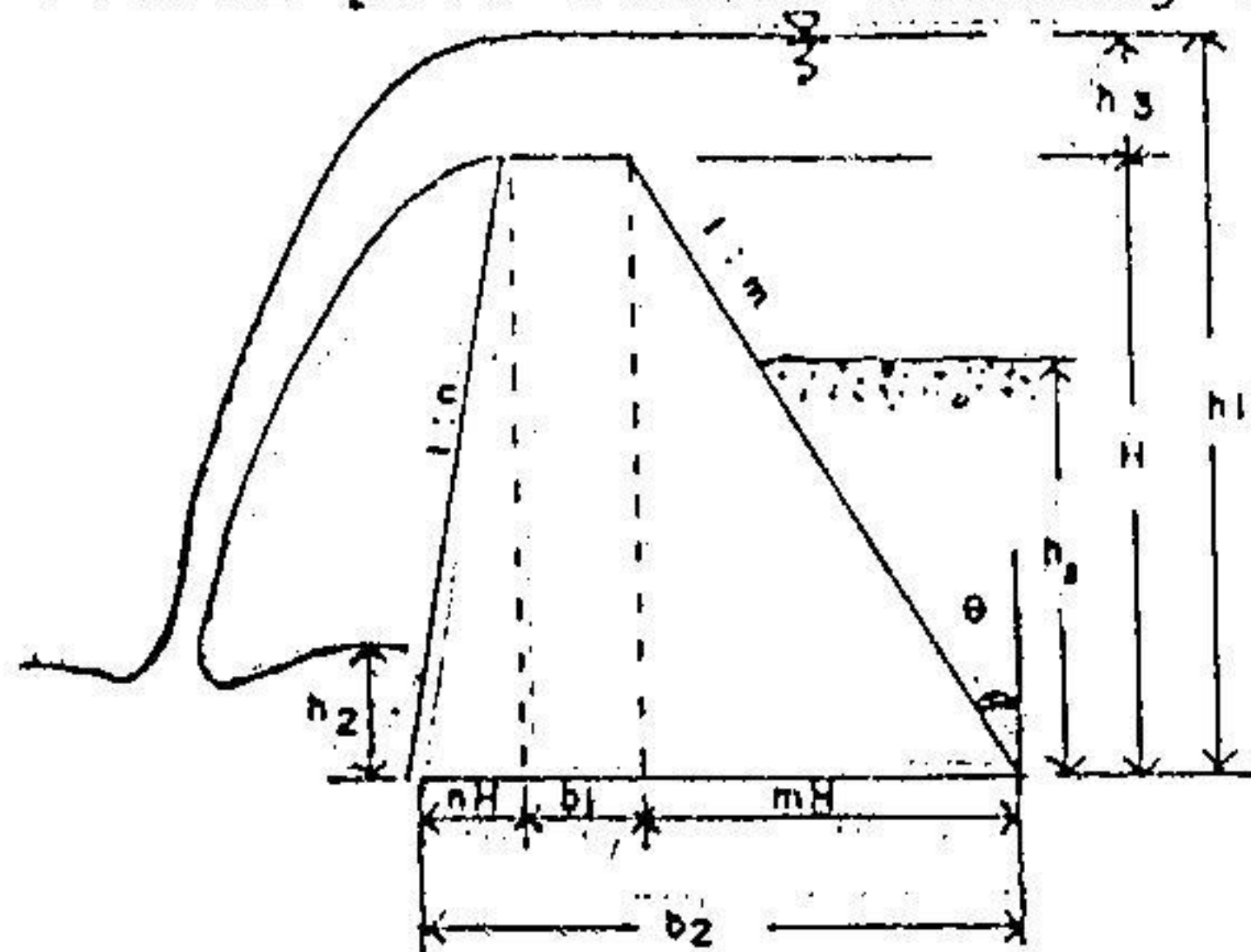


GAMBAR. 5.

POTONGAN MEMANJANG

- p : panjang bendung penahan;
 $p-1$ dan $p-2$: panjang sayap bendung penahan;
 l_p : lebar peluap;
 p_m : panjang mercu bendung penahan;
 t_p : tinggi peluap (= tinggi peluapan h_3 + tinggi jagaan sesuai Tabel 1);

4. Notasi pada contoh bendung utama.

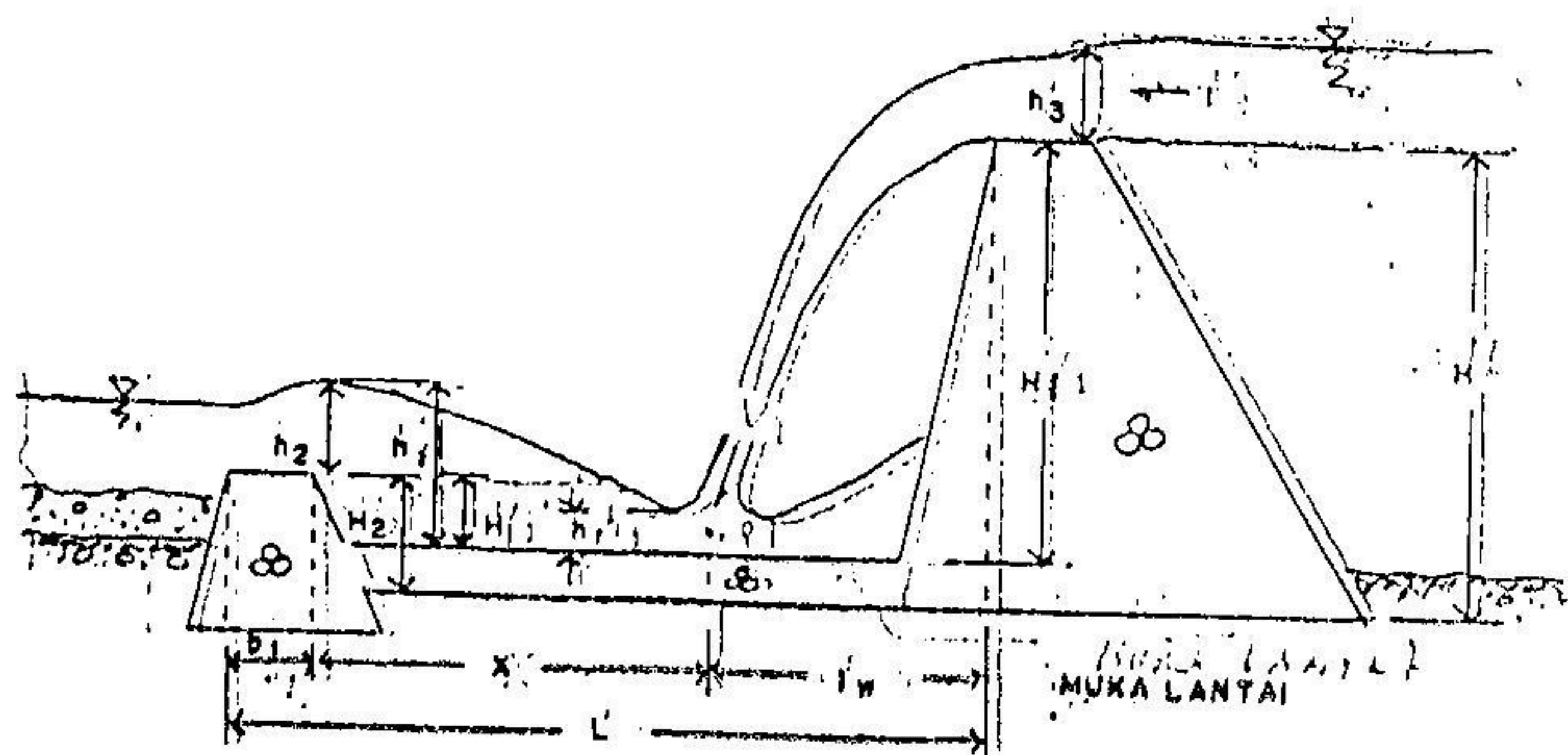


GAMBAR. 6.

NOTASI PADA BENDUNG UTAMA

- H : tinggi total bendung utama;
 H_1 : tinggi efektif bendung utama;
 h_1 : tinggi air dari dasar;
 h_2 : tinggi air bagian hilir;
 h_3 : tinggi peluapan;
 b_1 : lebar mercu bendung utama;
 b_2 : lebar dasar bendung utama;
 h_s : tinggi sedimen;
 m : kemiringan bagian hulu;
 n : kemiringan bagian hilir;

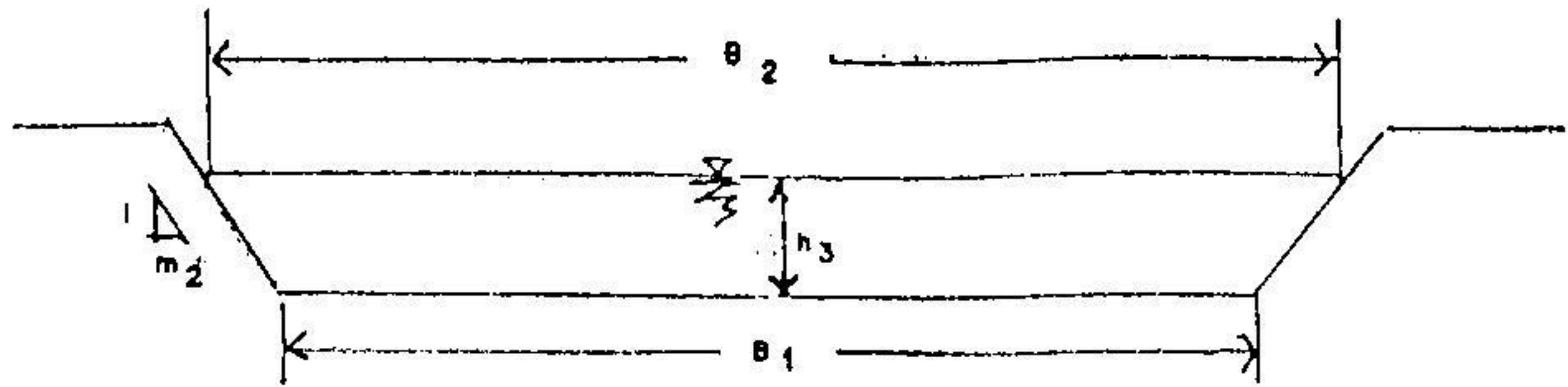
5. Notasi pada contoh bendung utama, kolam olak dan bendung pembantu.



GAMBAR 7.

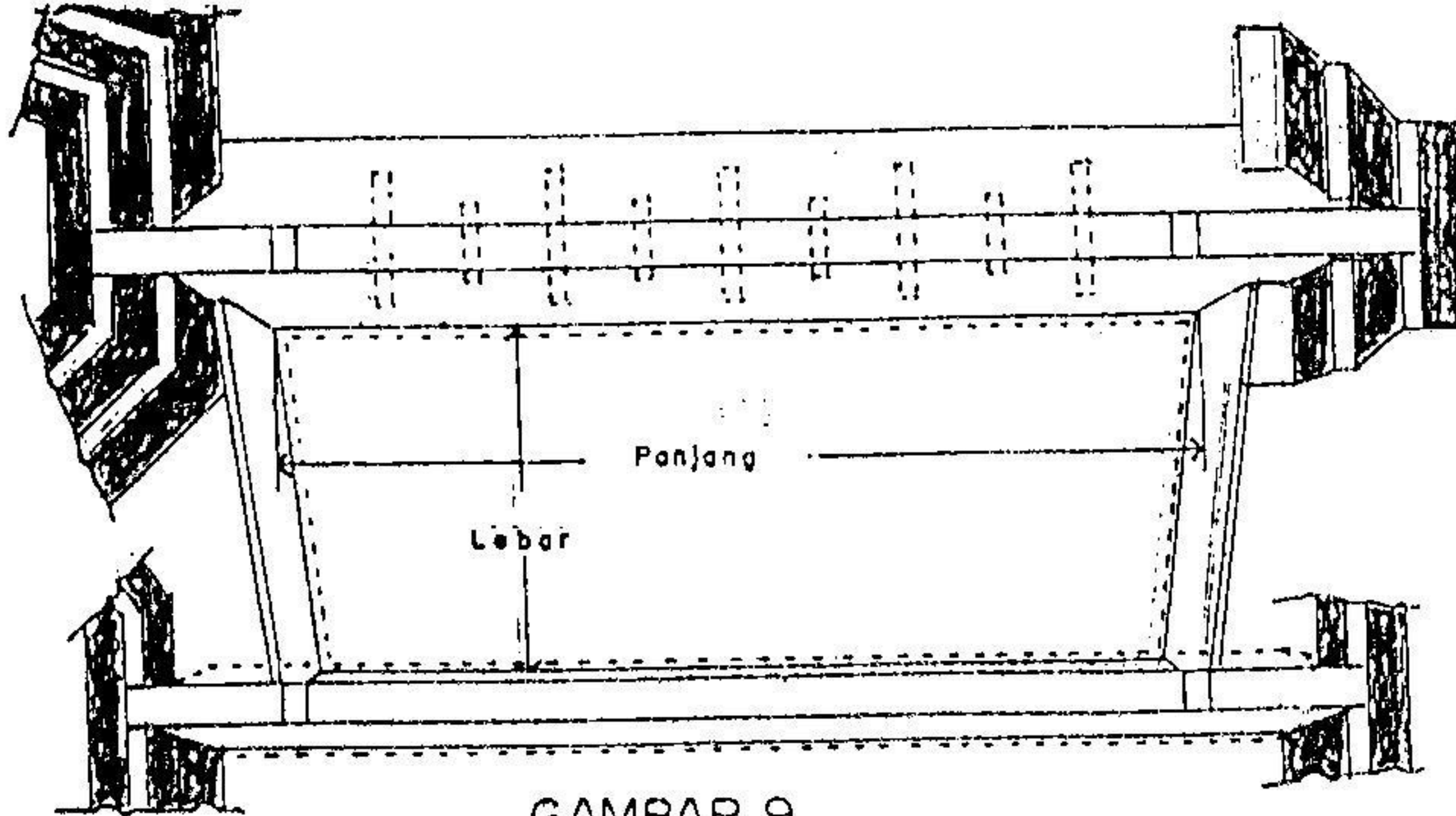
NOTASI PADA BENDUNG UTAMA, KOLAM OLAK DAN BENDUNG

6. Contoh bagian peluap bendung penahan.



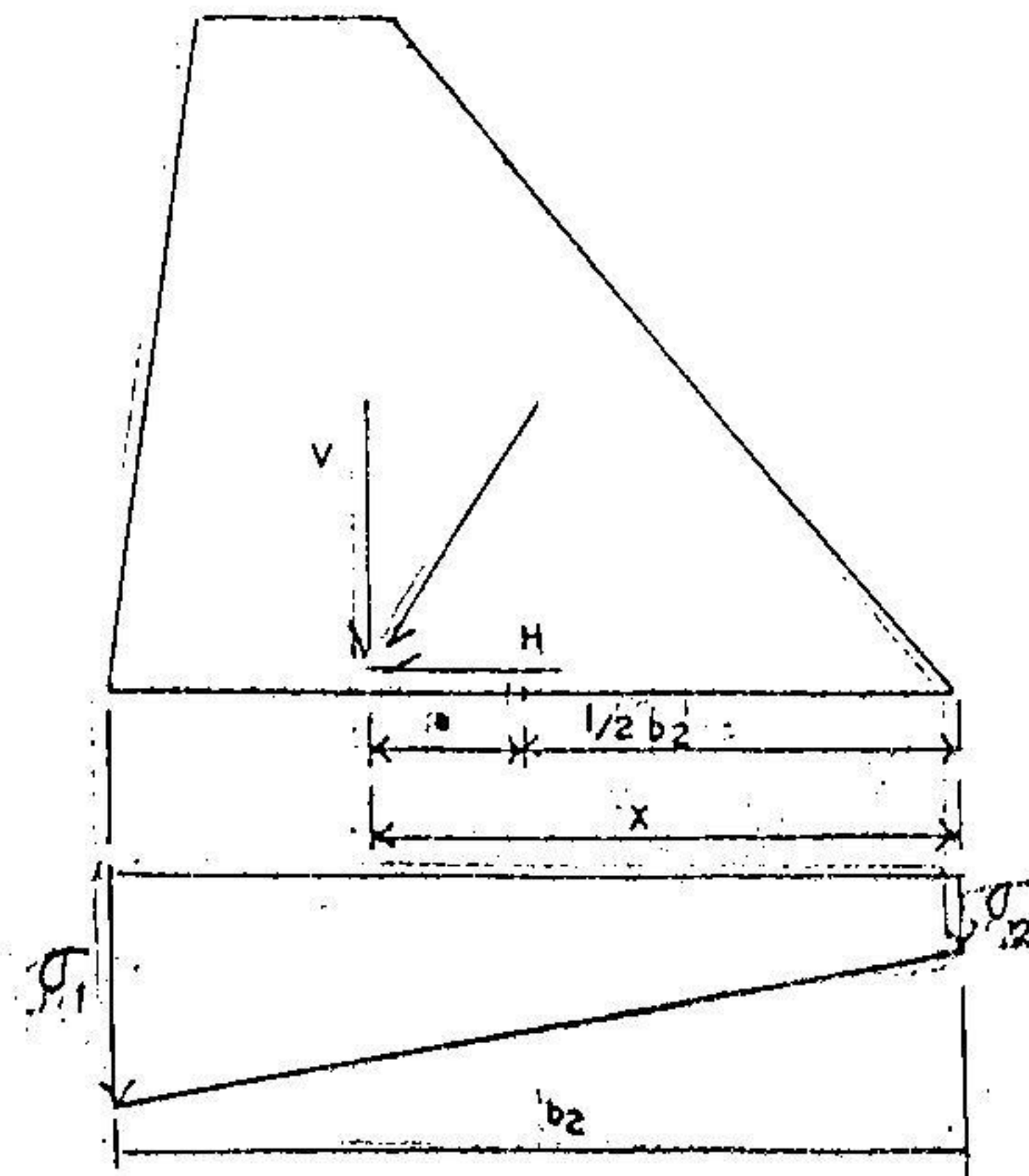
GAMBAR. 8
BAGIAN PELUAP BENDUNG PENAHAN

7. Panjang dan lebar kolam olak.



GAMBAR 9
PANJANG DANLEBAR KOLAM OLAK

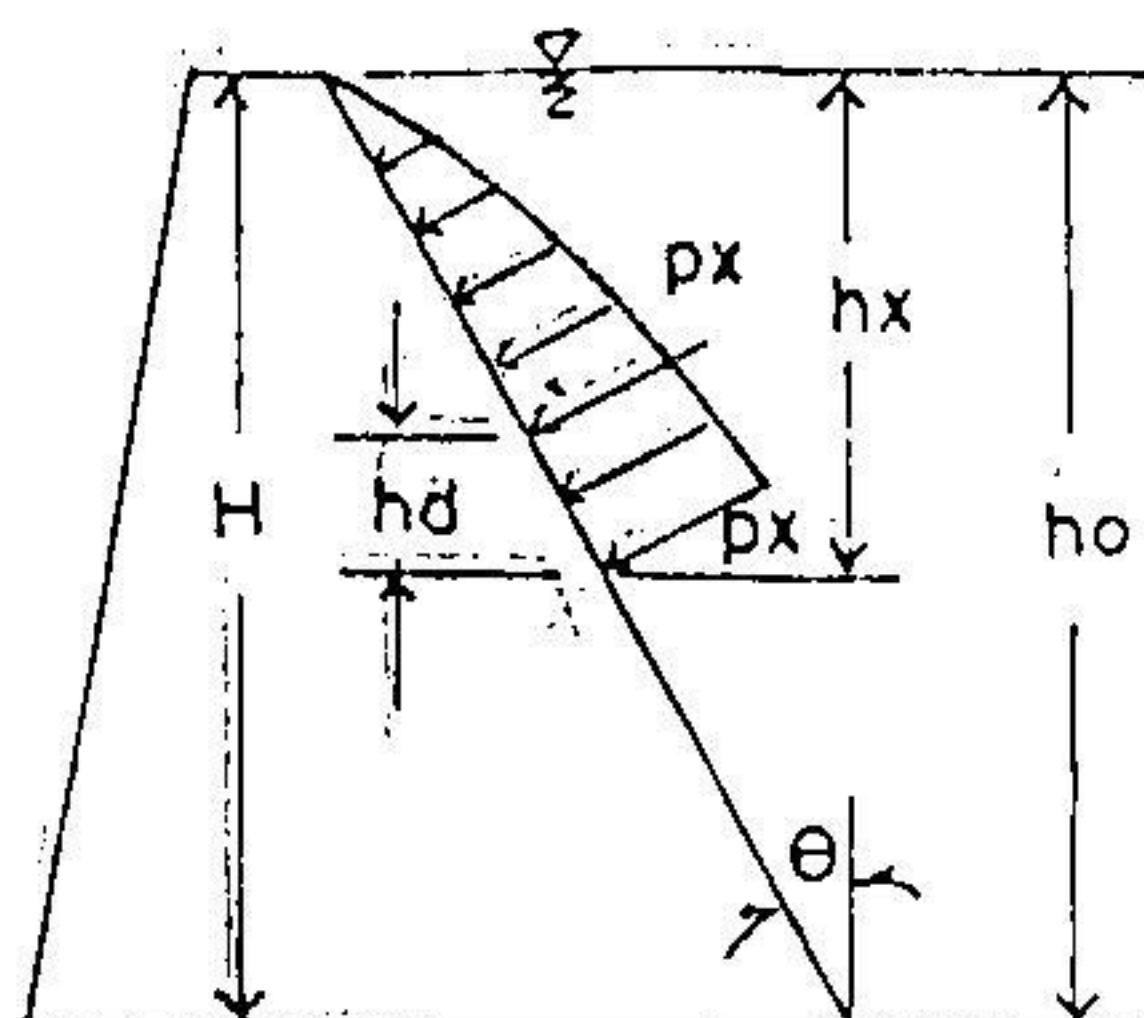
8. Contoh tekanan pada tanah dasar.



GAMBAR. 10.
TEKANAN PADA TANAH DASAR

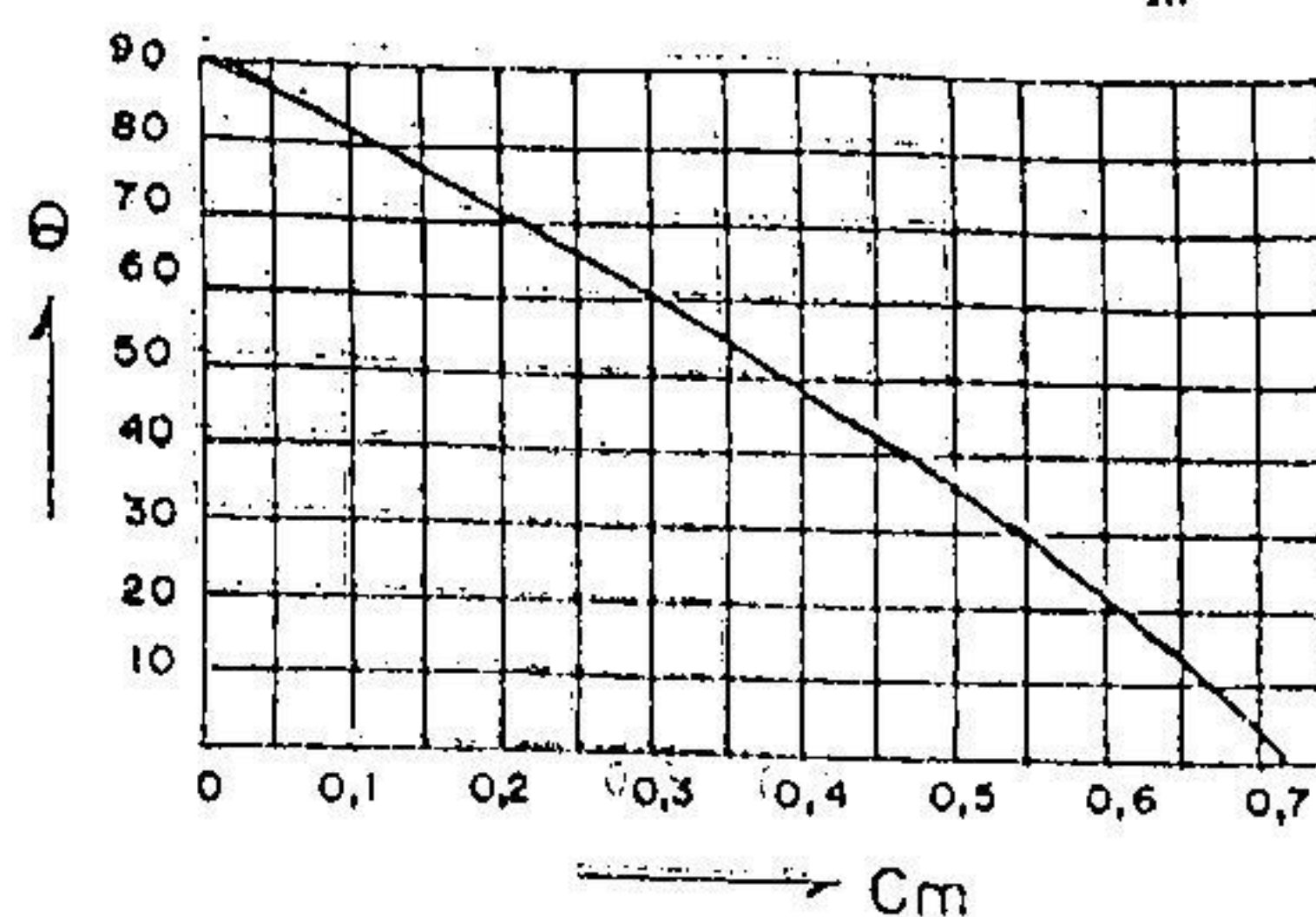
9. Grafik - grafik untuk menentukan tekanan dinamik pada waktu gempa bumi.

a. Gambar notasi



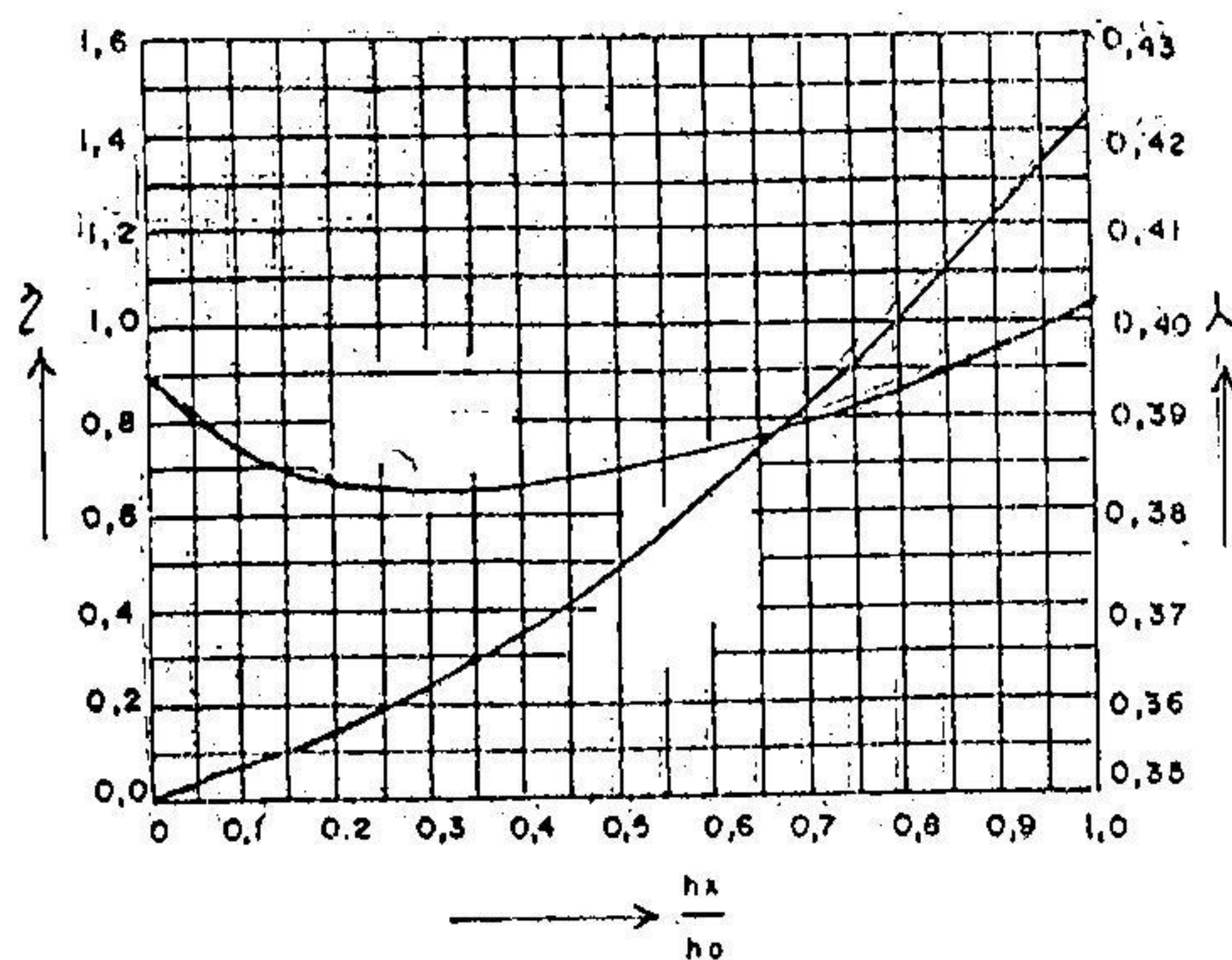
GAMBAR. IIa
GAMBAR NOTASI

b. Grafik θ dan C_m .



GAMBAR. II.b
GRAFIK θ DAN C_m

c. Grafik hubungan λ dan h_x/h_o .



GAMBAR. IIc
GRAFIK HUBUNGAN λ DAN h_x/h_o

GAMBAR. II

GRAFIK - GRAFIK UNTUK MENENTUKAN TEKanan DINAMIS
PADA WAKTU GEMPA BUMI

LAMPIRAN C

DAFTAR NAMA DAN LEMBAGA

1) Pemrakarsa

Pusat Litbang Pengairan, Badan Litbang Departemen PU

2) Penyusun

N A M A	LEMBAGA
Ir. Agus Sumaryono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sudarminto, S.U.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Carlina Soetjiono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan

3) Susunan Panitia Tetap Standardisasi

JABATAN	EX - OFFICIO	N A M A
Ketua	Kepala Badan Litbang PU	Ir. Suryatin Sastromijoyo
Sekretaris	Sekretaris Badan Litbang PU	Ir. Sunaryo Sumadji
Anggota	Kepala Pusat Litbang Pengairan	Dr. Ir. Badruddin Machbub
Anggota	Kepala Pusat Litbang Jalan	Ir. Soedarmanto Darmonegoro
Anggota	Kepala Pusat Litbang Pemukiman	Ir. Sahat Mulia Ritonga
Anggota	Sekretaris Ditjen Pengairan	Ir. Muhamad Harjono
Anggota	Sekretaris Ditjen Bina Marga	Ir. Satrio
Anggota	Sekretaris Ditjen Cipta Karya	Ir. Soeratmo Notodipoero
Anggota	Kepala Biro Bina Sarana Perusahaan	Ir. Nuzwar Nurdin
Anggota	Kepala Biro Hukum	Ali Muhammad, S.H.

4) Susunan Panitia Kerja

JABATAN	N A M A	LEMBAGA
Ketua	Ir. Muhammad Hardjono	Set Ditjen Pengairan
Wk. Ketua	Ir. Hartono Pramudo	Direktorat Sungai
Sekretaris	Dr. Ir. Badruddin Machbub	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Carlina Soetjiono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Supardijono	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Moch. Memed, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Joesron Loebis, M Eng.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Dyah Rahayu P., Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Ibnu Kasiro, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Suharyono, M Eng.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Agus Sumaryono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Sudarminto, S.U.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Theo F. Najooan, M Eng.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Suroso	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Djanasudirdja	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Kaman Moch. Mamun	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. R. Muhadi, Dipl. H. Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Ir. Soekrasno, Dip. HE.	Direktorat Irigasi I
Anggota	Ir. Siswoko, Dip. HE.	Direktorat Sungai
Anggota	Ir. Mugiono, Dip. HE.	Proyek Citarum Hulu
Anggota	Ir. Aan Suwandi	Kanwil PU Jawa Barat
Anggota	Ir. Martono	I T.B
	Martodipuro	
Anggota	Ir. Soedarwoto, MSc.	UNPAR
Anggota	Ir. Sukadaryanto	PT. Indah Karya
Anggota	Ir. Temmy Suhandi	Inkindo Jawa Barat
Anggota	Ir. Radhi Sinaro, Dip. HE.	HATHI
Anggota	Ir. Sarwan	Pusat Litbang Pengairan
Anggota	Drs. Wahyu Sukardi	Pusat Litbang Pengairan

5) Peserta Prakonsensus -

N A M A	L E M B A G A
Ir. Carlina Soetjiono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Kaman Moch. Mamun	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Agus Sumaryono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sudarminto, S.U.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Pantas Hutagalung, M Eng.	Pusat Litbang Pengairan
Djoko Mudjihardjo, ME.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Pipin Chr. Sitohang	Pusat Litbang Pengairan
Sulkan Atim, BE	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Damar Susilowati, M Sc.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Jorgis Sirait	Pusat Litbang Pengairan
Drs. Erman Mawardi,	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sunadji,	Pusat Litbang Pengairan
S. Parno BIE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sarwan,	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Dirdjaja,	Pusat Litbang Pengairan
Epep Kosima, BE.	Pusat Litbang Pengairan
Edi Sugianto, BE.	Pusat Litbang Pengairan

6) Peserta Konsensus

N A M A	L E M B A G A
Ir. Carlina Soetjiono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Moch. Memed, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Suharyono, M Eng,	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Agus Sumaryono, Dip. HE.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sudarminto, S.U.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Chr. Kristijatno, CES.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Isnugroho, CES.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Sunadji,	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Tatang Sutardjo, M Eng.	Pusat Litbang Pengairan
Drs. Erman Mawardi, Dip. AIT.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Suroso Djanasudirdja,	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Theo F. Najosan, M Eng.	Pusat Litbang Pengairan
Ir. Soeherman,	Pusat Litbang Pengairan
Sudradjat W., M Eng.	Proyek Irigasi Jatiluhur
Ir. Budi Susilo, M Sc.	Direktorat Irigasi I
Ir. Soedarwoto, M Sc.	Universitas Parahyangan
Ir. Martono Martodipoetro	I T B
Ir. Triwasono	Direktorat Rawa
Ir. Sarwono Soekardi, Dip.HE.	Direktorat Sungai
Ir. Siswoko, Dip. HE.	Direktorat Sungai
Ir. Radhi Sinaro	HATHI
Ir. Sarwan	Pusat Litbang Pengairan
Epep Kosima, BE.	Pusat Litbang Pengairan
Edi Sugianto, BE.	Pusat Litbang Pengairan

5) Peserta Konsensus

N A M A	INSTANSI
Ir. Hakim Natakusumah	Perumnas Pusat
Ir. machdar Mulia	Perumnas Pusat
Ir. Agus Hardjanta CES	Perumnas Pusat
Ir. Achmad Mustandar M.	Direktorat Tata Bangunan
Poerwanto, SH	Set. Ditjen Cipta Karya
Ir. Setia Budhy Algamar	Dit. Bina Program DJCK
Ir. Made Bagus Budihardjo	Dit. Bina Program DJCK
Drs. Yayat Ruchiyat, BE	Pemda Kodya Bandung
Ir. Sugiarto Sargo, MS	Kanwil BPN Jawa Barat
Ir. Herdadi Pagih	DPU Cipta Karya Jabar
Ir. R. Panggabean	Bappeda DT II Kodya Bandung
Ir. Ieke Kartika Karsaman	Dinas Tata Kota Kodya Bandung
Ir. Lukman Hakim AS	INKINDO, DPD Jabar
Ir. A. Hariman	TRISAKTI
Ir. Suluh Kumoro	Perguruan Tinggi (ITENAS)
Ir. Bambang Subekti	ITENAS
Ir. Syafril Rivai	ITENAS
Ir. Nandang Syamsudin	Puslitbang Jalan
Ir. Dirdjaja	Puslitbang Pengairan
Ir. Dedi Suwandi	Puslitbang Pemukiman
Tarmizi Moerad, SH	Puslitbang Pemukiman
R. Saleh, BMuE	Puslitbang Pemukiman
Bambang Utojo, SH	Puslitbang Pemukiman
Ir. Gundhi Marwati	Puslitbang Pemukiman
Ir. Rumiati Tobing	Puslitbang Pemukiman
Ir. Felisia Simarmata	Puslitbang Pemukiman
WS. Witarso, BE	Puslitbang Pemukiman
Dra. Yusilianna	Puslitbang Pemukiman
Suwandojo Siddiq, Dipl E.Eng	Puslitbang Pemukiman
Ir. Riana S.	Puslitbang Pemukiman
Ir. Arvi Argiantoro	Puslitbang Pemukiman

